



# **TRABALHO FINAL**

## **MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA**

---

Clínica Universitária de Neurocirurgia

### **Pi-plastia Modificada: Revisão da Técnica no Hospital de Santa Maria nos Últimos 11 Anos**

Tiago Caneira

---

**Julho 2018**





# **TRABALHO FINAL MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA**

---

Clínica Universitária de Neurocirurgia

## **Pi-plastia Modificada: Revisão da Técnica no Hospital de Santa Maria nos Últimos 11 Anos**

Tiago Caneira

**Orientador:**

Dra. Maria Manuel Santos

---

**Julho 2018**



## Resumo

---

### *Introdução*

A pi-plastia modificada é uma forma de cranioplastia dinâmica utilizada para correção da escafocefalia isolada, não sindrômica. Este trabalho teve como objetivo a avaliação da eficácia e segurança desta técnica.

### *Métodos*

Foi realizada uma análise retrospectiva dos doentes submetidos a pi-plastia modificada entre 2007 e 2017 no Hospital de Santa Maria (Lisboa, Portugal). Foram analisadas variáveis demográficas, variáveis craniométricas pré e pós-operatoriamente, volumes transfundidos de concentrado eritrocitário (CE), tempo de permanência na Unidade de Cuidados Intensivos Pediátricos (UCIPED), tempo total de internamento hospitalar e morbilidade cirúrgica.

### *Resultados*

Foram operados quarenta e oito doentes segundo a técnica de pi-plastia modificada, com uma razão entre sexos masculino:feminino de 4:1 e uma idade média de 8,8 meses. Houve uma melhoria média do *Cephalic Index* (CI) de 69,02 pré-operatoriamente para 75,15 aos 3 anos de seguimento, tendo o efeito benéfico da intervenção sido mantido a longo prazo. A maior parte dos doentes (93,75%) necessitou de transfusão de CE intraoperatória, o tempo de permanência médio na UCIPED foi de 1,96 dias e o tempo total médio de internamento hospitalar foi de 4,33 dias. Apenas uma criança necessitou de ser re-intervencionada. Não se verificaram complicações major associadas e a mortalidade foi zero.

### *Conclusão*

A pi-plastia modificada foi uma técnica com resultados craniométricos satisfatórios, próximos da normalidade e duradouros. Foi uma técnica segura e com baixa morbilidade para correção da escafocefalia isolada não sindrômica. Sugere-se um período de seguimento mínimo de 3 anos, já que os valores do CI parecem estabilizar nessa altura.

Palavras chave: Pi-plastia, Pi-plastia modificada, escafocefalia, craniossinostose

### *Introduction*

Modified pi-plasty is a dynamic cranioplasty used for correction of isolated, non-syndromic scaphocephaly. The goal of this study is to evaluate the efficacy and safety of this technique.

### *Methods*

A retrospective review of all patients submitted to modified pi-plasty between 2007 and 2017 in Hospital de Santa Maria (Lisbon, Portugal) was carried out. Demographic data, craniometric data before and after surgery, volume of erythrocyte concentrates (EC) transfusions, Paediatric Intensive Care Unit (PICU) stay length, in-hospital stay length and surgical morbidity were analysed.

### *Results*

Forty-eight patients were successfully operated according to the modified pi-plasty technique, with a male:female ratio of 4:1 and a mean age of 8.8 months old. There was an average improvement of the Cephalic Index (CI) from 69.02 preoperatively to 75.15 at 3 years of follow-up, with the beneficial effect of the intervention being maintained in the long term. Most patients (93.75%) required an intraoperative EC transfusion, the average length of PICU stay was 1.96 days and the mean total hospital stay was 4.33 days. Only one child needed re-intervention. There was no mortality and the overall morbidity was low.

### *Conclusion*

Modified pi-plasty was a technique with satisfactory, near-normal and long-lasting craniometric results. It was a safe technique for the correction of isolated non-syndromic scaphocephaly, with an overall low morbidity. A minimum follow-up period of 3 years is suggested, since CI values seem to stabilize at this point.

Key words: Pi-plasty, Modified pi-plasty, scaphocephaly, craniosynostosis

## Índice

---

Introdução .....	9
Material e Métodos .....	11
Resultados.....	15
Discussão .....	17
Agradecimentos .....	20
Bibliografia.....	21





## Introdução

---

As craniossinostoses resultam da fusão prematura de uma ou mais suturas cranianas. Apresentam uma etiologia multifatorial, sendo familiares ou sindrômicas em apenas 8% dos casos <sup>[1]</sup>. Originam alterações da forma normal do crânio ao restringir o seu crescimento perpendicularmente à sutura afetada.

Podem ser classificadas em sindrômicas ou não sindrômicas e ser subdividas em isoladas (apenas uma sutura afetada) ou complexas (fusão de múltiplas suturas). Hipertensão intracraniana, atrasos do desenvolvimento ou défices neurológicos estão mais frequentemente associados a craniossinostoses multi-suturais, sendo raros quando apenas uma sutura craniana está afetada <sup>[1-3]</sup>.

A escafocefalia (do grego *skaphe*: “barco”, *kephale*: “cabeça”) resulta da fusão prematura da sutura sagital e é a craniossinostose isolada mais comum (40-60% dos casos) <sup>[4]</sup>, com uma incidência de aproximadamente 1 em 2000 nascimentos <sup>[1]</sup>. Como consequência do encerramento da sutura sagital e do impedimento do alargamento biparietal do crânio, há crescimento ósseo compensatório no sentido ântero-posterior (lei de Virchow <sup>[5]</sup>), o que origina crânios dolicocefálicos – longos e estreitos. Consequentemente, a criança apresenta um crânio esteticamente problemático que pode comprometer o seu pleno desenvolvimento bio-psico-social <sup>[3]</sup>. O objetivo primário da cirurgia é, portanto, o restabelecimento de um padrão estético normal, consensualmente aceite pela sociedade.

Atualmente, as cirurgias de correção de escafocefalia podem ser divididas em dois grandes grupos: *calvarial remodeling* e *strip craniectomy* <sup>[6]</sup>. A pi-plastia insere-se no primeiro, sendo uma cranioplastia dinâmica em que as osteotomias cranianas lembram a letra grega *pi*, tendo sido descrita em 1978 por Jane *et al.* <sup>[7]</sup>. A técnica original foi posteriormente modificada por Guimarães Ferreira *et al.*, passando a denominar-se pi-plastia modificada <sup>[8-10]</sup>.

O objetivo deste trabalho foi a determinação da eficácia e segurança da técnica piplastia modificada para correção da escafocefalia isolada, não sindrômica. Foram analisadas variáveis demográficas e variáveis craniométricas pré e pós-operatoriamente utilizando o *Cephalic Index* (CI) – a razão entre o comprimento transversal máximo e o comprimento longitudinal máximo do crânio, multiplicado por 100. Foram também analisados os volumes transfundidos de concentrado eritrocitário (CE), o tempo de permanência na Unidade de Cuidados Intensivos Pediátricos (UCIPED), o tempo total de internamento hospitalar e a morbidade cirúrgica.

## Material e Métodos

---

Foram analisados, de forma retrospectiva, os processos clínicos de todos os doentes com escafocefalia isolada não sindrômica operados segundo a técnica pi-plastia modificada, entre 2007 e 2017 no Hospital de Santa Maria (HSM), instituição que faz parte do Centro de Referência Europeu para distúrbios craniofaciais. Os doentes sindrômicos, com envolvimento de múltiplas suturas, cirurgias cranianas corretivas prévias e/ou submetidos a outras técnicas cirúrgicas para correção de escafocefalia foram excluídos deste estudo.

A equipa médica foi constituída por Guimarães Ferreira, cirurgião plástico com diferenciação maxilo-facial, neurocirurgiões e anestesiológicos pediátricos. No HSM, a técnica cirúrgica usada para correção da escafocefalia difere em função de múltiplos fatores, dos quais se salientam a idade do doente e a gravidade da deformidade. Habitualmente, em doentes com idades inferiores a 3 meses e deformações leves a moderadas pode ser realizada uma cranioplastia mediada por distratores mecânicos, enquanto que em crianças com idade superior a 3 meses e/ou deformações graves *ad initium* são preferencialmente tratadas com a técnica de pi-plastia modificada.

Foram analisadas as radiografias e/ou tomografias computadorizadas crânio-encefálicas obtidas no período pré e pós-operatório, sendo definidos 7 grupos em função do período de realização dos exames de imagem no pós-operatório: grupo dos 6 meses (entre 3 a 9 meses); grupo do 1 ano (dos 9 aos 18 meses); grupo dos 2 anos (dos 18 aos 28 meses); grupo dos 3 anos (dos 28 aos 42 meses); grupo dos 4 anos (dos 42 aos 54 meses); grupo dos 5 anos (dos 54 aos 66 meses) e grupo dos 6 anos (dos 66 meses aos 78 meses).

A avaliação dos resultados cirúrgicos incluiu a variação do CI (medido com uma precisão de 0.5 mm nos exames de imagem obtidos), bem como o volume de CE transfundido, o tempo de permanência na UCIPED, o tempo total de internamento hospitalar e a morbilidade cirúrgica.

A análise estatística foi realizada através do teste t de Student de 2 caudas utilizando amostras não emparelhadas.

## Intervenção cirúrgica

A técnica de pi-plastia caracterizada nesta série de doentes é uma modificação do processo descrito por Jane *et al.* em 1978 <sup>[7]</sup> e inclui o uso intraoperatório de compressão longitudinal para encurtar o crânio (Figura 1).

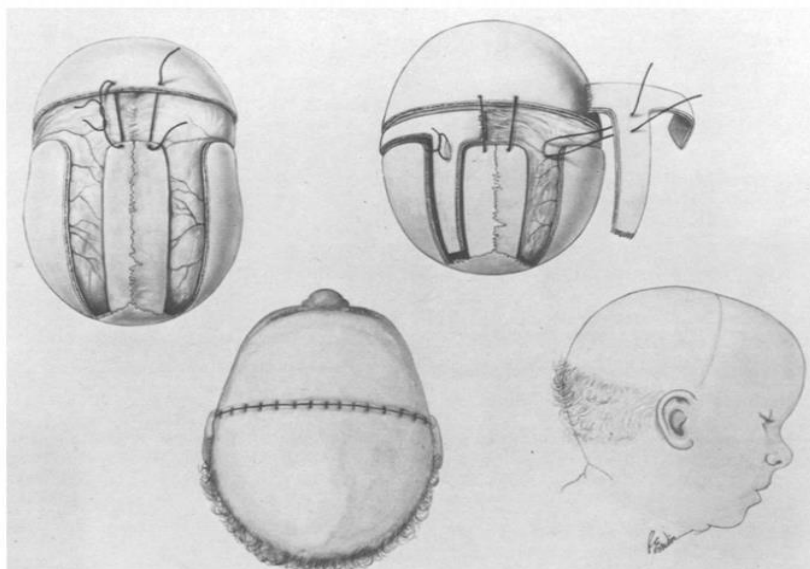


Figura 1 – Ilustração da técnica descrita por Jane *et al* (Pi-plastia).

Fonte: Jane JA, Edgerton MT, Futrell JW, et al. Immediate correction of sagittal synostosis. *J Neurosurg* 1978; 49:705-10

Guimarães Ferreira *et al* <sup>[8-10]</sup> introduziram diversas modificações (Figura 2) tais como o acesso através de uma incisão coronal em *zig-zag* para reduzir a visibilidade da cicatriz, e a utilização de osteotomias parietais verticais posteriores para criar retalhos escamo-parietais simétricos e retangulares (Figura 3). O terço posterior desta osteotomia passou a ser orientado obliquamente no sentido inferior e anterior, em direção à sutura escamosa. Os retalhos passaram a ser fraturados ao nível desta sutura, sendo posteriormente feitas 3 osteotomias quadrangulares incompletas na face interior do retalho ósseo, preservando a tábua externa do mesmo. Estas osteotomias incompletas são usadas como guia para a produção de fraturas em ramo verde, permitindo o aumento da convexidade da região parietal. As inserções dos músculos temporais e o revestimento periosteal da calote craniana não osteotomizada não são perturbados, servindo de ponte entre as zonas fraturadas. Adicionalmente, a região frontal passou a ser remodelada utilizando osteotomias radiais (Figura 4) e o acrescento de uma osteotomia centimétrica ao nível anterior da sutura sagital permite o encurtamento ântero-posterior do crânio.

Em caso de existência de uma protuberância occipital pronunciada, são adicionadas osteotomias radiais para aplanar o retalho occipital e a osteotomia centimétrica ao nível da sutura sagital é feita posteriormente.

Em doentes com uma protuberância frontal óbvia e uma testa larga são criados dois retalhos paramedianos na região frontal e posteriormente reformulados para reduzir a protuberância e a largura da testa.

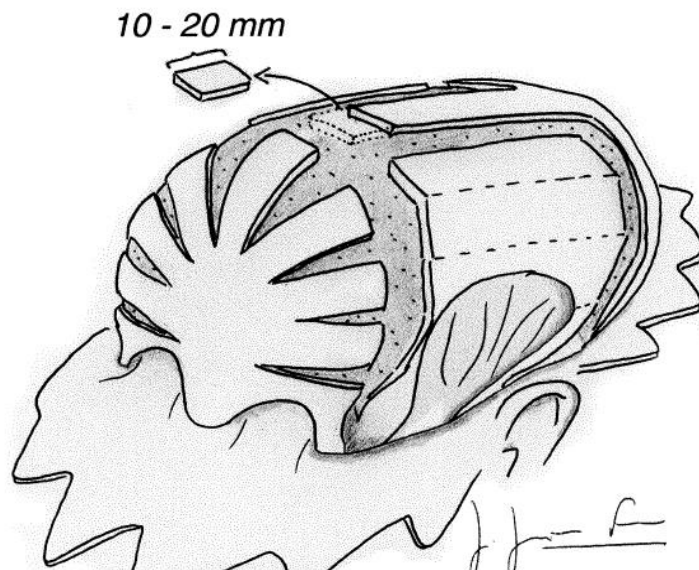


Figura 2 – Ilustração das modificações descritas por Guimarães Ferreira *et al* (Pi-plastia modificada).

Fonte: Guimarães-Ferreira J, Gewalli F, David L, et al. Clinical outcome of the modified pi-plasty procedure for sagittal synostosis. J Craniofac Surg 2001; 12:218-26.



Figura 3 – Pi-plastia modificada: osteotomias parietais

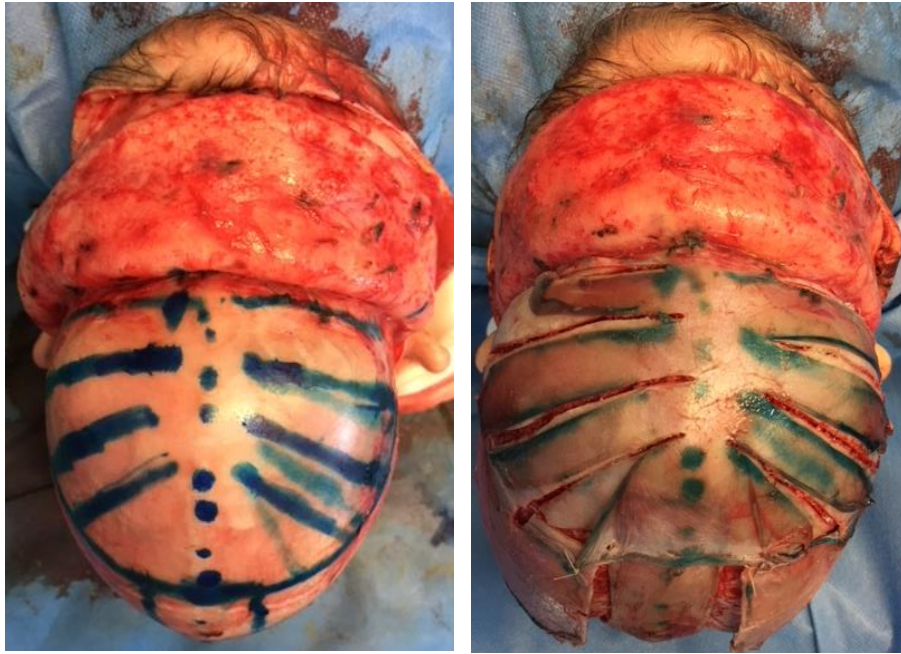


Figura 4 – Pi-plastia modificada: osteotomias radiais na região frontal

## Resultados

---

Entre janeiro de 2007 e dezembro de 2017, foram intervencionadas 48 crianças com escafocefalia isolada, não sindrômica, segundo a técnica de pi-plastia modificada.

Os doentes foram acompanhados no período pós-operatório, com um número médio de consultas no primeiro ano de 3,46 e anualmente a partir de então, com um período de seguimento máximo de 6 anos (n=5).

### **Variáveis demográficas e peri-operatórias**

Trinta e nove doentes (81,25%) eram do sexo masculino e 9 (18,75%) do sexo feminino, com mediana de peso de 9,32 Kg.

A maior parte dos doentes era leucodérmico (93,75%), sendo os restantes melanodérmicos. Dois doentes (4,16%) tinham história familiar de escafocefalia.

A idade média dos doentes aquando da intervenção foi de 8,8 meses [6-20 meses].

Intra-operatoriamente, 45 doentes (93,75%) foram transfundidos com concentrado eritrocitário (CE) - valor médio de 164,78 mL (Desvio Padrão (sd)  $\pm$  85,39), o que corresponde a 22,34% da volémia média total. Dezassete doentes (35,42%) foram submetidos a transfusão intraoperatória com plasma fresco congelado (valor médio de 112,35 mL (sd  $\pm$  59,2)). Trinta doentes (62,5%) foram transfundidos com CE adicional nos primeiros 3 dias pós-operatórios, com um valor médio de 164,1 mL (sd  $\pm$  97,73).

Todos os doentes foram internados na UCIPED nos primeiros dias pós-operatórios e permaneceram, em média, 1,96 dias [1-3 dias]. O período médio de internamento hospitalar total foi de 4,33 dias [1-7 dias].

Como morbilidade peri-operatória, houve registo de 3 episódios de broncospasmo relacionados com a extubação oro-traqueal e de oito episódios (16,67%) de hipotensão arterial que reverteu com atropina e/ou efedrina.

Com a exceção de um doente, em que houve estagnação do CI dois anos após a cirurgia, não houve necessidade de re-intervenção.

A mortalidade foi zero.



## Cephalic Index

Os valores médios de CI foram calculados em radiografias simples do crânio ou tomografias computadorizadas crânio-encefálicas e a comparação com os resultados pré-operatórios estão registados na tabela 1. Dada a metodologia retrospectiva do estudo, não foi possível obter os valores de CI em todos os doentes para os diferentes tempos considerados.

**Tabela 1: Cephalic Index** (comparação com os resultados pré-operatórios)

	<b>Pré-op</b> (n=20)	<b>6 meses</b> (n=34)	<b>1 ano</b> (n=24)	<b>2 anos</b> (n=23)	<b>3 anos</b> (n=20)	<b>4 anos</b> (n=14)	<b>5 anos</b> (n=5)	<b>6 anos</b> (n=5)
<b>Pós-op</b> (meses)		3-9	9-18	18-28	28-42	42-54	54-66	66-78
<b>CI médio</b> (sd)	69,02 (± 3.71)	78,77 (± 5.12)	78,36 (± 6.74)	78,71 (± 10.68)	75,15 (± 3.89)	74,91 (± 4.14)	74,53 (± 9.25)	75,63 (± 3.29)
<b>p-value<sup>+</sup></b>		< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-	-

<sup>+</sup> teste t de Student de 2 caudas utilizando amostras não emparelhadas

Existiu uma diferença significativa ( $p\text{-value} < 0.05$ ) entre os resultados obtidos aos 6 meses e os resultados obtidos aos 3 anos.

Não existiu uma diferença significativa ( $p\text{-value} > 0.05$ ) entre os 3 anos e os anos subsequentes.

A alteração da forma craniana no pós-operatório imediato está representada na figura 5.



Figura 5 – Comparação da forma craniana após pi-plastia modificada



## Discussão

---

A escafocefalia isolada não sindrômática predomina no sexo masculino, numa razão de 3,5:1 <sup>[11]</sup>. A presente série confirmou este predomínio com uma razão masculino: feminino mais alta (4:1 (81,25% rapazes)). A incidência familiar deste distúrbio neste estudo (4,16%) foi ligeiramente mais baixa que o descrito noutros trabalhos (6%) <sup>[11]</sup> o que talvez se deva ao fato de serem intervencionadas crianças de todo o país, em vez de apenas de uma região específica, o que pode enviesar os resultados. Neste trabalho os doentes não são agrupados por raça, no entanto é possível que a mesma possa alterar o CI considerado como normal.

O CI melhorou de um valor médio pré-operatório de 69,02 para um valor médio pós-operatório (3 anos) de 75,15, o que se aproxima do valor considerado normal (CI normal = 76,0-80,9) <sup>[8,10]</sup>. Foi possível obter uma melhoria percentual média do CI de + 8,16% (3 anos), valor semelhante ao descrito noutros trabalhos que utilizam esta mesma técnica (+7%) <sup>[8,10]</sup>.

Verificou-se uma normalização do CI logo após a cirurgia, com uma diferença estatisticamente significativa ( $p\text{-value} < 0.05$ ) entre os resultados obtidos aos 6 meses e aos 3 anos, demonstrando a importância de um seguimento pós-operatório a prazo. Adicionalmente, verificou-se que os resultados ótimos obtidos no período pós-operatório imediato (CI=78.77) vão se progressivamente desvanecendo ao longo dos primeiros 3 anos para resultados sub-ótimos (CI=75.15) mas que, a partir desse instante, estabilizam. Comparando os resultados aos 3, 4, 5 e 6 anos, evidenciou-se uma estabilização do CI ( $p\text{-value} > 0.05$ ), sugerindo uma persistência dos bons resultados desta técnica ao longo do tempo. Esta estabilização do CI ao fim de 3 anos de pós-operatório também é descrita na correção da escafocefalia simples não sindrômática com outras técnicas cirúrgicas <sup>[12]</sup>, o que sugere que a estabilização possa depender mais da desaceleração do crescimento craniano da criança do que da técnica utilizada. No entanto, são escassos os trabalhos com um período de seguimento tão longo com este.

A técnica cirúrgica ideal deverá conseguir atingir uma normalização da forma do crânio, que se mantenha ao longo do tempo e tenha baixa morbidade, sendo a reduzida taxa de complicações verificada na presente série consistente com outros estudos de pi-plastia [7, 8, 9, 13], evidenciando que é um procedimento seguro.

Neste trabalho, as crianças submetidas à técnica de pi-plastia modificada foram intervencionadas mais tardiamente do que as submetidas à colocação de distratores mecânicos no mesmo período de tempo e no mesmo hospital e, como tal, é possível que pudessem ter deformações cranianas mais acentuada à partida. Portanto, poder-se-ia esperar um resultado menos satisfatório após a correção. No entanto, os resultados atingidos assemelham-se aos relatados para os dois grandes grupos de técnicas cirúrgicas utilizadas atualmente, como descrito por Shah *et al*, com resultados de CI médios de 76.7% e de 75.9% para técnicas de *calvarial remodeling* e *strip craniectomy* respetivamente [14]. Os resultados cirúrgicos dos doentes com escafocefalia abordados com suturectomia sagital e colocação de distratores mecânicos na nossa instituição, encontram-se, presentemente, em análise. Comparativamente a outras formas de correção cirúrgica menos invasivas (p.e. cranioplastia mediada por distratores mecânicos), a pi-plastia modificada tem a vantagem de ser resumida a um tempo operatório único e de poder ser efetuada em crianças com mais de 6 meses de idade e, consequentemente, com maior volémia, o que reduz o risco cirúrgico. No entanto, implica um maior tempo de permanência hospitalar, maiores perdas hemáticas e consequentemente, maior necessidade de suporte transfusional do que técnicas menos invasivas [6, 9, 12].

Embora o CI seja a ferramenta mais utilizada na avaliação da gravidade do defeito e do sucesso terapêutico, pode ter uma utilidade limitada já que é calculada tendo em conta uma medição apenas bidimensional [12]. Adicionalmente, o valor do CI considerado normal varia entre estudos [13], o que pode estar relacionado com variações no sexo, raça e idade da população estudada. Existe uma escassez de informação de qualidade em relação a este ponto, pelo que estas possíveis variações devem ser analisadas recorrendo a estudos controlados com populações maiores de indivíduos normais.

Por último, devido aos possíveis riscos de exposição a radiação na infância, em especial em tomografias computadorizadas (TC) <sup>[15]</sup>, deverá ser privilegiada a medição do CI em consulta – com uma craveira, por exemplo - (apesar de esta estar sujeita a maior variação interindividual). Idealmente deverão ser desenvolvidos métodos de aferição craniométrica que não envolvam exposição a radiação e que sejam objetivos e reprodutíveis, tornando possível a avaliação de resultados e a sua comparação.

Como limitações do presente trabalho, salienta-se que não foi possível obter os valores de CI em todos os doentes para os diferentes tempos considerados, o que prejudica a análise estatística e a robustez do estudo, bem como a medição dos CI ter sido realizada em TC crânio-encefálica ou radiografias simples do crânio, consoante a disponibilidade do exame. Estas limitações relacionam-se com a natureza retrospectiva do trabalho e com o facto de os doentes intervencionados mais recentemente ainda não terem um período de seguimento tão longo.

Apesar de controverso, estão descritas associações entre craniossinostoses simples e alterações neuropsicológicas <sup>[16]</sup> e, portanto, avaliações neuropsicológicas pré e pós-operatórias poderiam ter sido úteis e relevantes.

O estudo efetuado suporta o interesse da pi-plastia modificada na correção da escafocefalia simples não sindrômica, revelando-se este tipo de intervenção, segura, com resultados craniométricos satisfatórios e duradouros. Sugere-se um período de seguimento mínimo de 3 anos, já que os valores do CI parecem estabilizar apenas nessa altura.

## Agradecimentos

---

O autor agradece a todas as pessoas e instituições que de alguma forma contribuíram para a elaboração deste trabalho e, em particular:

À Dra. Maria Manuel, orientadora deste trabalho, pela disponibilidade, incentivo, conhecimento e sentido prático demonstrados.

Ao Dr. José Miguens, Diretor do Serviço de Neurocirurgia do Hospital de Santa Maria, pela possibilidade de realizar este trabalho.

Ao Prof. Doutor Guimarães Ferreira, Cirurgião Plástico do Hospital de Santa Maria, pela possibilidade de utilizar os resultados obtidos nos doentes intervencionados com a técnica que descreveu.

Ao Dr. Manuel Alberto, Neurorradiologista do Hospital de Santa Maria, pelo ensino da técnica para realizar as medições nos exames de imagem.

À minha família e amigos por todo o apoio ao longo desta etapa.

## Bibliografia

---

- [1] Morris, Lisa. Nonsyndromic Craniosynostosis and Deformational Head Shape Disorders. *Facial Plast Surg Clin* 2016; N Am 24:517–530
- [2] Panchal, Jayesh. Management of craniosynostosis. *Plast Reconstr Surg* 2003; 111(6):2032-48
- [3] Cristovão C, et al. Craniossinostoses Importância Clínica e Implicações Funcionais. *nascer e crescer, revista do hospital de crianças maria pia*, 2006; vol XV, n.º 4
- [4] Massimi L, Caldarelli M, Tamburrini G, Paternoster G, Di Rocco C. Isolated sagittal craniosynostosis: definition, classification, and surgical indications. *Childs Nerv Syst*. 2012; 28:1311-7
- [5] Virchow R. Über den Cretinismus, namentlich in Franken, und über pathologische Schadelformen. *Verh Phys med Gesell Würzburg* 1851; 2:230–71.
- [6] Fischer S, et al., Comparison of Intracranial Volume and Cephalic Index After Correction of Sagittal Synostosis with Spring-assisted Surgery or Pi-plasty, *The Journal of Craniofacial Surgery*, 2016; Volume 27, Number 2
- [7] Jane JA, Edgerton MT, Futrell JW, et al. Immediate correction of sagittal synostosis. *J Neurosurg* 1978; 49:705-10
- [8] Guimarães-Ferreira J, Gewalli F, David L, et al. Clinical outcome of the modified pi-plasty procedure for sagittal synostosis. *J Craniofac Surg* 2001; 12:218-26.
- [9] Guimarães-Ferreira J, Gewalli F, David L, et al. Springmediated cranioplasty compared with the modified pi-plasty for sagittal synostosis. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg* 2003; 37:208-15.
- [10] Guimarães-Ferreira J, Gewalli F, David L, et al. Sagittal synostosis: II. Cranial morphology and growth after the modified pi-plasty. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg*, 2006; 40: 200-209.
- [11] Lajeunie E, Le Merrer M, Bonaiti-Pellie C, et al. Genetic study of scaphocephaly. *Am J Med Genet* 1996; 62:282–5.
- [12] Lisa R. David, et al. Outcome Analysis of Our First 75 Spring-Assisted Surgeries for Scaphocephaly. *The Journal of Craniofacial Surgery* 2010; Volume 21, Number 1

- [13] Boop FA, Chaddock WM, Shewmake K, et al. Outcome analysis of 85 patients undergoing the pi procedure for correction of sagittal synostosis. *J Neurosurg* 1996; 85:50–55
- [14] Shah et al. Endoscopically assisted versus open repair of sagittal craniosynostosis: the St. Louis Children's Hospital experience. *J Neurosurg Pediatrics* 2011; 8:165–170
- [15] Fearon JA, Singh DJ, Beals SP, et al. The diagnosis and treatment of single-sutural synostoses: are computed tomographic scans necessary? *Plast Reconstr Surg* 2007; 120:1327-1331
- [16] Chummun et al. The Management of Nonsyndromic, Isolated Sagittal Synostosis. *The Journal of Craniofacial Surgery* 2016; Volume 27, Number 2
- [17] Fearon JA, McLaughlin EB, Kolar JC, Sagittal Craniosynostosis: Surgical Outcomes and Long-Term Growth. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 2006; 117(2):532-41.
- [18] Mouradin WE, Controversies in the Diagnosis and Management of Craniosynostosis: A Panel Discussion *Cleft Palate Craniofacial* 1998; 35:190
- [19] Haas LL. Roentgenological skull measurements and their diagnostic applications. *AJR Am J Roentgenol.* 1952; 67:197–209.
- [20] Nguyen DC, Woo AS, Farber SJ, Skolnick GB, Yu J, Naidoo SD, Patel KB. *J Craniofac Surg.* 2017; 28(1):88-92.
- [21] Kolar JC. An epidemiological study of nonsyndromal craniosynostoses. *J Craniofac Surg* 2011; 22:47–49
- [22] Wirginia Likus et al. Cephalic Index in the First Three Years of Life: Study of Children with Normal Brain Development Based on Computed Tomography. *The Scientific World Journal* 2014; Article ID 502836, 6 pages